

·学科进展·

恢复生态学与中国亚热带退化生态系统的恢复

彭少麟 赵平 张经炜

(中国科学院华南植物研究所,广州 510650)

[摘要] 本文论述恢复生态学的研究新进展,并介绍国家自然科学基金重点项目“中国亚热带退化生态系统恢复的研究”的主要研究目标、内容和成果。

[关键词] 恢复生态学,中国亚热带,退化生态系统,恢复

人类在改造和利用自然的过程中,伴随着对自然环境产生负面的影响。长期的工业污染、大规模的森林砍伐以及将大范围的环境逐渐转变成农业和工业景观,由此形成了以生物多样性低、功能下降为特征的各式各样的退化生态系统,进行生态恢复是保证经济可持续发展的需要,更是人类生存的需要。恢复生态学应运而生,并成为生态学界乃至政府部门关注的焦点^[1-3]。

1994年国家自然科学基金委员会启动了“中国亚热带退化生态系统恢复的研究”重点项目,主持单位是中国科学院华南植物研究所,参加单位有中山大学、西南师范大学和广西农业大学。项目于1998年结题,取得了重大的进展。

1 恢复生态学的新进展

恢复生态学这个科学术语是英国学者 Aber 和 Jordan 1985 提出的^[4]。此后国内外有不少学者对恢复生态学进行定义^[5,6]。按照美国生态恢复学会(Society for Ecological Restoration)的详细定义,生态恢复是帮助生态整体(Ecological Integrity)恢复和管理的过程,生态整体包括生物多样性、生态过程和结构、区域和历史的环境以及可持续的耕作实践等的临界变异范围。国际权威杂志《Science》(1997年7月25日)设专栏发表6篇有关人类占优势的生态系统的论文,以相当大的篇幅讨论生态恢复在当今生态学研究领域的发展、作用和将来的发展前景。肯定了恢复生态学理论和实践在停止和恢复退化土地

的出现而伴随的生物多样性急剧下降的作用,认为生态恢复必将为人们提供认识如何组建生态群落和生态系统功能动态的途径。

美国恢复生态学会于1998年9月28—30日在德克萨斯州的奥斯汀召开年会,其中安排了3个大会报告:生态恢复的教育、牧场的生态恢复和跨越边界的生态恢复。首次把生态恢复的教育摆在非常重要的位置,强调在大众中进行恢复生态学的教育的重要性及紧迫性。因为许多从事恢复生态学的研究与实践工作者越来越认识到,恢复生态学的研究工作有助于生态学家认识生态系统的基本结构和功能,能有效地改变普通公民的生态意识和对环境的态度,赢得不同年龄层的关注,人类如何与自然界建立良好的互惠关系,环境生态恢复的实践是教育和学习最有效的工具^[5,6]。

恢复生态学的迅速发展以及该学科具有与人类的经济、社会以及文化活动的密切相关的特点,吸引了越来越多其他学科的学者加入了本领域的研究行列,从而加快推动了本学科的向前发展。以下是恢复生态学在几个层次上目前比较受注意、研究结果比较多的学术问题和方向。

(1)种群层面:建立种群的个体数和遗传变异对聚集、定居、生长和演化潜力的影响;生活史特征和在当地的适应性在恢复演替过程中的作用;景观要素的空间排列对巨型种群动态和种群多个过程(如迁移和基因流动)的影响;如果种群处于一个有限的、常常是加速的恢复演替的时间范围内,遗传漂

国家自然科学基金资助项目,批准号 39330040.

本文于 1998 年 12 月 28 日收到.

移、基因流动和选择压力对该种群的存留将产生什么影响;种间的相互关系对种群的定居、聚集、生长和群落发育的影响。

(2)群落层面:群落生态学理论是恢复生态学发展的基础。源于群落内在的巨大变异性,在群落水平上测度生态恢复的端点是很困难的,群落生态学家往往会把注意力放在群落功能的恢复而不是某些特别种的恢复;种类组成和生物多样性作为生态恢复的测度的优点和局限性,若以群落的功能作为生态恢复的端点,特别要关注个别种的生物学特性尤其是在对物质利用过程中(如豆科先锋植物的固氮效应)的不均衡作用;重视群落演替和分布的经验及理论研究工作对恢复生态学的贡献,如果一个群落的发育是可预测的,很有可能通过人为的操纵自然演替过程,进而加速恢复的速率。

(3)生态系统:任何一个生态恢复研究计划的开展,首先要明确所要恢复或重新组建的系统的界线,只有明确的界线才能决定物质、能量和物种的进和出,使得观测者方便追踪物质或有机体在系统内的运动。目前与生态恢复相关的生态系统研究问题集中在:跨越界线的随时间的物流和能流是否也会驱动另一个生态系统相应描述因子在时间上的变化;物质循环、生产力、呼吸等系统内的动态是否随演替的时间而变;种群如何影响生态系统的特性,反过来,不同的生态系统特性对物种多样性变化的敏感性又如何;初级生产力的差异如何影响食物链结构和物种多样性;是否存在辨认“拱顶种”(Keystone species)的原理并使其得到发展。

(4)景观:景观生态学所研究的问题是以大的空间尺度为背景,它涵盖了空间的异质性,由多个结构、功能不同的生态系统类型所组成。景观生态学研究能较好地指导生态恢复研究计划选择参考场所和建立项目的目的,并为恰当地配置被恢复的要素提供建议,以便于植物和动物区系的恢复。由此,这个层面上的研究大多是寻找恢复生态学和景观生态学的结合点,探讨尺度转换的机制,探索来自景观生态学的原理,如何改善生态恢复的程序和恢复生态学的研究结果及如何推动景观生态学的发展。

2 中国亚热带退化生态系统的恢复

中国的退化土地达 $15 \times 10^5 \text{ km}^2$,各地陆续开展了退化生态系统恢复研究^[6,10-14]。1994年国家自然科学基金委员会启动了“中国亚热带退化生态系统恢复的研究”重点项目,研究目的是:(1)通过采用

实验生态学和生态工程相结合的措施,对退化和极度退化的陆地生态系统进行综合整治,加速中国最具特色的常绿阔叶林的恢复,为区域性的国土整治,改善生态环境和提高生产力提供榜样;(2)对不同恢复阶段、演替阶段的群落,开展群落生态学和种群生态学研究,在理论上揭示退化生态系统常绿阔叶林恢复的生态学规律和机理,以及地带性常绿阔叶林重建的方法和进展,完善和发展恢复生态学理论。

“中国亚热带退化生态系统恢复的研究”主要内容和所采取的实验方法包括:(1)本地带自然恢复演替系列不同阶段代表性森林群落的结构和动态研究,演替的动力学机理、演替的进程和速度、演替进程中的可能调控措施;(2)本地带现有的退化陆地植物生态系统的恢复研究,对退化的草坡、灌丛和低质纯林的改造技术及其实验生态学原理;(3)本地带极度退化的陆地生态系统主要类型的恢复研究,对水土流失严重的光板地、丘陵荒坡、石灰岩荒地的生态过程措施,恢复途径的探讨;(4)退化生态系统恢复生态学规律和原理研究,选主要站点研究退化生态系统恢复过程水、土、气、生整体动态,揭示其机理;(5)建立退化生态系统恢复研究的信息数据库。

恢复生态学研究计划往往跨越较大的时间尺度,定位研究是最有效方法之一。我们在研究中针对我国亚热带地区地域跨度大,生态条件变异大的特点,分别在广东中部(鹤山站和鼎湖站)、广东西部(黑石顶站)、广东东部(五华站)、广西中部(大明山站)和四川(缙云山站)等6个站点,以时空互代的形式设置25个代表不同演替阶段的长期定位研究样地,样地面积达 $10 \times 10^5 \text{ m}^2$,定时开展如下项目的野外观测和数据收集的研究工作:(1)种群生态学研究,含数量动态与分布格局;(2)群落水平结构(个体密度、盖度等水平投影图),群落垂直空间结构(层次、林间层、层片等垂直剖面图),群落整体组成结构(物种多样性、均匀度、生态优势等)以及种类结构(种类组成、多度、密度、优势度的重要值、种的消亡或出现等);(3)生境指标的测定(含小气候、土壤的pH值,土壤有机质和土壤的N、P、K含量等)。2次系统性的观测数据的收集分别在1994年和1996年的1、4、7、10月份进行,全部数据汇总并由总课题结合历史资料建立数据库,保证数据的有效性、完整性和连续性。

在原有研究积累的基础上,经过5年的研究,该项目已取得了重要的科研成果。图1、2反映亚热带草坡经过6年后恢复林地的景观;图3、4反映了热

带极度退化的光板地经过 30 年后恢复热带季雨林的

景观。理论上和实践上已取得的主要进展有:

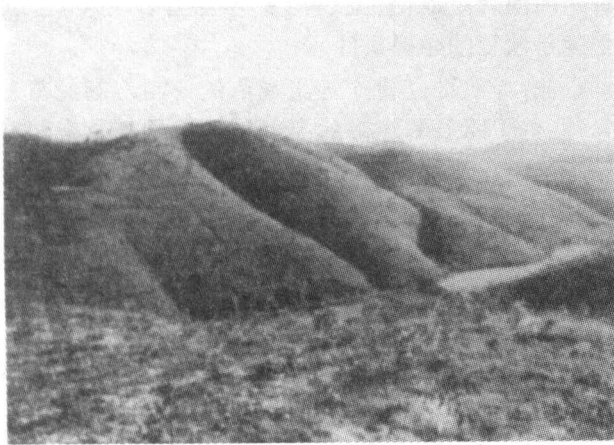


图1 亚热带退化草坡

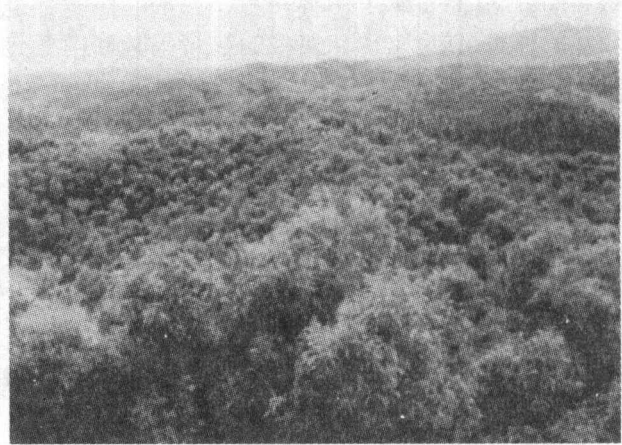


图2 亚热带植被恢复

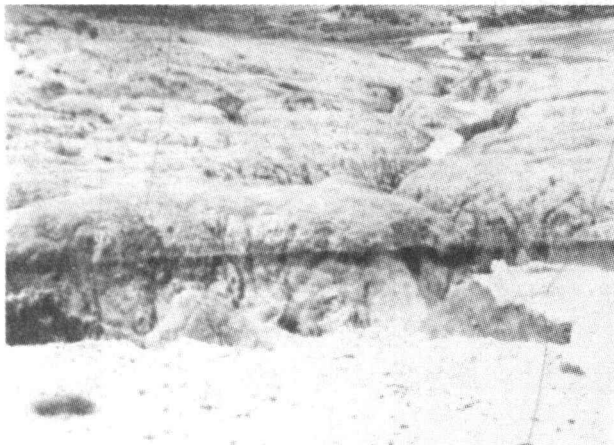


图3 热带侵蚀光板地



图4 热带植被恢复

(1)深入揭示亚热带自然森林恢复的规律和森林演替的生态学机理。在排除人为干扰的情况下,植被恢复的发展由退化草坡或灌丛→针叶纯林→以针叶树为主的针阔叶混交林→以阳生阔叶树为主的针阔叶混交林→以阳生植物为主的常绿阔叶林→以中生植物为主的常绿阔叶林(地带性顶极)的演替过程^[15,16]。

(2)利用人为的生态工程加速退化生态系统恢复。退化生态系统的明显特征是土壤贫瘠,生物种类稀少,小气候的各项指标变幅大。系统自然恢复是一个漫长的过程。通过施以人为的生态工程措施,比如配置有固氮特性的先锋树种,使得退化生态系统的演替早期阶段在一个不太长的时间内迅速提高土壤的肥力,改善下垫面的微环境,有利于新种类尤其是当地种的入侵和定居,系统的生物多样性增加,演替的时间明显缩短。提出了生态恢复的速率明显受系统的初级阶段驱动种(driving species)影响的观点,为指导如何人工采用不同的种类,进行组

合,组建植物群落提供理论基础。

在研究亚热带常绿阔叶林自然恢复速率方面,总结出亚热带常绿阔叶林退化生态系统自然恢复的过程中,物种数量的变化呈现出前期迅速增加,植物群落的丰富度先逐步上升到一个峰值,到了中期,物种开始呈现减少的趋势,在后期维持一定水平,无论是乔木层、灌木层还是草本层,物种数量的发展都有一个先发展后消退的变化过程^[17]。

(3)提出极度破坏的森林是可以恢复的新观点。这一命题源于学术界对热带雨林被毁坏后能否恢复的争议,国外学者倾向于不可恢复的理论,主要原因是雨林地区植被的载体——土壤养分已被消耗,雨水的冲刷又加剧了土壤养分流失,原先高的物种多样性不易恢复。通过结合广东小良极度退化的光板地进行人工植被恢复的研究结果,发现经 40 年的人工林植被恢复,人工阔叶混交林具有与当地顶极群落季节雨林相似的群落结构。数学模型模拟的结果预测,土壤有机质在 150 年后可恢复到热带季节雨

林的土壤有机质含量(4%)。所以,经过一定的人工措施的启动,热带季节雨林是可恢复的。热带季节雨林的种类组成、结构与典型的热带雨林和南亚热带季风常绿阔叶林(鼎湖山)有许多共同特征。以上的结论不单适合热带地区,也可应用到亚热带地区,这一科学见解丰富了恢复生态学的理论^[8]。

(4)退化生态系统恢复过程中,种群和群落结构、叶面积、生产力和多样性也呈现规律性的变化^[18]。演替过程中,森林群落的叶面积不断上升,但叶生物量的变化,其状态不能简单地从低到高地发展。亚热带常绿阔叶林的演替过程中,叶生物量逐渐增加,最大值出现在演替的中后期,然后下降。生物多样性的变化也有相似的规律。广西大明山站的研究发现,生物多样性的最高值并非出现在成熟的原生林。皆伐后20年恢复的次生林多样性较高。

(5)通过理论研究和实践,进一步证实退化生态系统能否恢复生物多样性,尤其是植物多样性的恢复与发展是关键的观点。不能简单地断定物种多样性高或低对生态系统是否有利,物种的提高有利于生态系统的稳定是因为增加了在正常和逆境的条件下维持生态系统的关键种(key species)存在的机会;物种的增加是提高或降低生态系统稳定性取决于物种对环境反应的生物学特性。对生态系统功能过程的作用相似但对环境的反应各异的种类的增加有利于生态系统的稳定,因为任何一个种的丰富度的减少都会由另一功能特点相似的种类来补偿。因此,同一群落内功能相似类群的物种多样性越高,同时这些种对环境的响应各异,那么生态系统对环境变化的应变弹性越大,功能越强。相反,如果生物种对生态系统功能过程的影响效应对环境的响应都不同,种类的增加只会使生态系统变得脆弱。因此,在分析物种多样性与生态系统稳定性的关系时,需要鉴别种类的变化对生态系统功能的贡献,确定不可代替的种和功能类群^[19]。

(6)建立了生态系统脆弱性的理论体系,脆弱性是退化生态系统的特征,也是生态系统固有的特性,脆弱性只能在干扰的状态下才显现出来。运用脆弱性的概念研究退化生态系统恢复和演替,提出人为干扰是退化生态系统恢复成功与否的重要因素,并在研究上获得重要结论。退化生态系统就其性质而言是脆弱的,恢复的过程中不断出现种类的更换,种群的波动或变迁异常频繁(脆弱生态系统的特征),因而恢复的过程也是脆弱的。人为的干扰会使生态

系统延缓或停止顺向演替,强度大的干扰还可能导致逆向演替。退化生态系统的承受力必须大于干扰强度是恢复的必要条件。

(7)本项研究的一些实践范例为当地的经济服务,取得了明显的经济效益。该项目的核心定位站——鹤山丘陵综合开放试验站的针阔叶混交林示范研究已得到推广,并在鹤山市建立了连片针阔叶混交林23万亩,为广东目前全面开展的分改造,建立具有抗自然灾害和病虫害的森林体系作出了贡献。同时,鹤山站研究的林果草鱼(苗)农林复合系统的生态农业模式,也受到当地农民的欢迎,逐渐成为鹤山市的支柱农业之一。此外,五华站指导当地利用生物与工程措施治理水土流失,使极端退化的荒地披上绿装,建立起大片次生常绿阔叶林,根治了水土流失,为山区扶贫创造了良好的自然环境条件^[20,21]。

许多生态恢复研究计划都把数据库的建立作为研究的重要内容,退化生态系统恢复是一个跨越大时间尺度的过程,数据的标准化、有效性、完整性和连续性是生态恢复研究计划取得成功的保证,计算机数据库的建立是实现以上目的的重要手段,该研究项目也以数据共建和共享为目的与各站点建立了中国亚热带退化生态系统恢复研究的信息数据库。

参 考 文 献

- [1] Bloom S. Multivariate quantification of community recovery. In: Cairns J J (ed.) *The recovery process in damaged ecosystems*. 1980, 141—151.
- [2] Cairns J J, Dickson K L, Herricks E E. (ed.) *Recovery and restoration of damaged ecosystems*. Virginia Uni. Press, Charlottesville 1977.
- [3] Cairns J J. (ed.) *The Recovery process in damaged ecosystems*. Ann Arbor Science Publishers Inc. 1980.
- [4] Jordan W J, Gilpin M E, Aber J D. *Restoration Ecology*. Cambridge Univ. Press, 1987.
- [5] 王伯荪,彭少麟. 植被生态学. 北京:中国环境科学出版社. 1996
- [6] 余作岳,彭少麟. 热带亚热带恢复生态学. 广州:广东科技出版社. 1996.
- [7] 彭少麟. 恢复生态学及植被重建. 生态科学, 1996, 15(2): 26—31.
- [8] 彭少麟. 恢复生态学及热带雨林的恢复. 世界科技研究与发展, 1997, 19(3): 58—61.
- [9] Parham W. (ed.) *Improving degraded lands: promising experience from south China*. Bishop Museum Press, Honolulu. 1993.
- [10] 中国-加拿大水土保持协作组编,广东省水土保持研究. 北京:科学出版社. 1989, 3—6.
- [11] 广东省科学院丘陵山区综合科学考察队主编. 广东山区水土流失及其治理. 广州:广东科学技术出版社. 1991

- [12] 陈灵芝等主编. 中国退化生态系统研究. 北京:中国科学技术出版社, 1995.
- [13] 中国地理学会编. 生态系统建设与区域持续发展研究的生态学理论和应用. 北京:测绘出版社, 1997.
- [14] Yu Z Y, Wang Z H, He S Y. Rehabilitation of eroded tropical coastal land in Guangdong, CHINA. *Journal of Tropical Forest Sciences*, 1994, 7(1):28—38.
- [15] 彭少麟. 南亚热带森林群落的演替与退化生态系统的恢复步骤. 中国地理学会编. 生态系统建设与区域持续发展研究的生态学理论和应用. 北京:测绘出版社, 1997, 66—72.
- [16] 彭少麟. 南亚热带退化生态系统的恢复和重建的生态学理论和应用. *热带亚热带植物学报*, 1996, 4(3):36—44.
- [17] Fang W, Peng S. Development of species diversity in the restoration process of establishing a tropical man-made forest ecosystem in China. *Forest Ecology and Management*, 1996, 99:185—196.
- [18] 彭少麟. 中国南亚热带退化生态系统的恢复及其生态效应. *应用与环境生物学报*, 1995, 1(4):403—414.
- [19] 彭少麟. 中国南亚热带退化生态系统的恢复和重建. 陈灵芝等主编. 中国退化生态系统研究. 北京:中国科学技术出版社, 1995, 94—113.
- [20] 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统的恢复与农业的发展. 伍尚忠主编. 现代农业发展的战略与对策. 广州:暨南大学出版社, 1997, 97—101.
- [21] 任海, 彭少麟. 中国南亚热带退化生态系统植被恢复及可持续发展. 中国科学技术协会编. 生命科学与生物技术. 北京:中国科学技术出版社, 1998, 137—140.

THE RESTORATION RESEARCH OF DAMAGED ECOSYSTEMS IN SUBTROPICAL CHINA

Peng Shaolin Zhao Ping Zhang Jingwei

(South China Institute of Botany, CAS, Guangzhou 510650)

Abstract The progress in restoration is discussed in this paper. The aim, content, as well advance of key project of National Natural Science Foundation, “the restoration research of damaged ecosystems in subtropical China”, is reviewed.

Key words restoration, damaged ecosystem, subtropical China

·资料·信息·

“生命体系中的化学过程”论坛在京举行

国家自然科学基金委员会“十五”优先资助领域战略研究第五次系列科学论坛“生命体系中的化学过程”于1999年6月8—10日在北京举行。来自化学、生命科学、物理、材料、信息科学等领域的40多名专家出席了会议。国家自然科学基金委员会主任、“十五”优先资助领域战略研究领域小组组长张存浩院士、化学科学部主任张礼和院士担任本次会议的执行主席。

会上,王夔院士作了题为“生命体系中的基本化学问题”、汪尔康院士作了题为“生命科学相关分析科学探讨”、杨福愉院士作了题为“细胞内蛋白质运输”、林国强研究员作了题为“有重要功能的目标分子的合成”、余增量研究员作了题为“外源物质对生物过程的影响”的综述性报告。赵玉芬院士、欧阳藩

研究员、邹汉法研究员、江龙研究员、来鲁华教授、辛厚文教授、王文清教授、饶子和教授、李中军教授、陈国强教授等也作了大会发言,从不同角度分析和展示在这一领域研究工作的多样性和成绩。

与会专家一致认为,21世纪是生命科学、信息科学时代,也是一个多学科相互交叉共同发展的时代。在充分研讨的基础上,提出以下3个科学问题作为近期研究工作的重点:(1)生物分子与分子间、分子与细胞间相互作用及引起的结构动态变化;(2)具有重要生物活性物质的结构、作用及对生命过程的影响;(3)生命体系中化学过程研究的实验和理论方法。

(化学科学部 梁文平 唐晋 供稿)